Maîtrise de la consommation d'énergie en domotique par un système multi-agents

Shadi Abras* — **Sylvie Pesty*** — **Stéphane Ploix**** — **Mireille Jacomino****

** Laboratoire Leibniz-Institut IMAG, CNRS, UMR5552*
46, Avenue Félix Viallet, 38031 Grenoble, France.
Phone: 00 33 4 76 57 50 59, Fax: 00 33 4 76 57 46 02
*** Laboratoire d'Automatique de Grenoble, CNRS, UMR5528*
BP 46, 38402 Saint Martin d'Hères, France.
Phone: 00 33 4 76 82 62 44, Fax: 00 33 4 76 82 63 88

RÉSUMÉ. *Cet article présente une application multi-agents dans le domaine de la domotique, plus précisément dans le domaine de la maîtrise de la consommation de l'énergie dans l'habitat individuel. Les avancées dans le domaine des systèmes multi-agents, bien adaptés à la résolution de problèmes spatialement répartis et ouverts, permettent d'envisager un «système domotique multi-agents» composé d'agents embarqués dans les différentes sources de production d'énergie et charges (équipements) domestiques. Ces agents coopèrent et prennent conjointement des décisions pour résoudre le problème de la maîtrise de la consommation de l'énergie dans l'habitat tout en tenant compte des habitudes de l'usager et des contraintes techniques. L'article présente les grandes lignes d'un tel système domotique multi-agents (MAHAS: Multi-Agents Home Automation System). Il se focalise sur la définition d'un protocole de coopération/négociation régissant les différentes interactions entre les agents.*

ABSTRACT. *This paper presents a multi-agent application in the Home Automation domain, more precisely in the domain of power consumption management in buildings. The developments in the Multi-agents system domain, well suited to solve spatially distributed and opened problems, permit to imagine an Home Automation Multi-Agent System which is composed of agents embedded into power resources or equipments. These agents cooperate and make some decisions jointly to solve power consumption management problem in taking into account the user habits and technical constraints. The paper presents the outlines of a Multi-Agent Home Automation System. It focuses on the definition of a cooperation/negotiation protocol that governs the different interactions between agents.*

MOTS-CLÉS : *Domotique, Multi-Agents, Négociation et Coopération, Maîtrise d'énergie.*

KEYWORDS: *Home Automation, Multi-Agent, Negotiation and Cooperation, Power Management.*

L'objet – 8/2002. LMO'2002, pages 45 à 57

1. Introduction

En matière d'énergie, de nouvelles sources d'énergie telles que l'éolien, le solaire ou la pile à combustible, arrivent dans l'habitat et l'usager sera confronté de plus en plus à des tarifs de l'énergie variables suivant le fournisseur, le jour et l'heure. C'est dans ce contexte varié et dynamique de production et de consommation d'énergie qu'un habitat «intelligent» doté d'un système domotique de maîtrise de l'énergie prend toute son importance tant du point de vue consommation que du point de vue tarifaire. Les avancées dans le domaine des systèmes multi-agents, bien adaptés à la résolution de problèmes spatialement répartis et ouverts, permettent d'envisager un «système domotique multi-agents» composé d'agents embarqués dans les différentes sources d'énergie et charges (équipements de l'habitat), coopérant pour résoudre ce problème de maîtrise de la consommation de l'énergie. L'article présente les grandes lignes d'un tel système domotique multi-agents (MAHAS : Multi-Agents Home Automation System), puis il se focalise sur la définition d'un protocole de coopération/négociation qui régit les différentes interactions entre les agents.

2. Le système domotique MAHAS : Multi-Agents Home Automation System

Dans l'habitat, un système de gestion de l'énergie est un système qui a généralement accès à l'énergie produite par des producteurs distants (via le réseau de transport/distribution électrique national), mais qui peut également disposer de ses propres sources d'énergie (par exemple : solaire, éolienne, et pile à combustible). Les trois principales caractéristiques d'un tel système est d'être :

– *distribué* : les sources et les charges sont réparties spatialement et leurs systèmes de commandes sont indépendants les uns des autres ;

– *flexible* : les sources d'énergie sont redondantes et certaines charges peuvent accumuler de l'énergie (énergie thermique) ou satisfaire avec retard à des demandes de services (différer un lavage, une cuisson) ;

– *ouvert* : le nombre de sources et de charges doit pouvoir évoluer sans que cela ne remette en cause le fonctionnement global du système.

Il s'agit ici de doubler le réseau d'énergie de l'habitat par un système d'information capable d'ajuster dynamiquement la consommation d'énergie aux différentes contraintes. Pour parvenir à cet ajustement, les charges consommatrices d'énergie de l'habitat, tout comme les sources de production d'énergie, sont équipées d'agents logiciels dotés de capacités de décision et de communication et embarqués sur des microcontrôleurs Java. Selon les conditions météorologiques, les informations en provenance des autres agents, les habitudes de l'usager et les informations internes (des charges ou des sources) :

– Un agent (d'une source) détermine quelle est l'énergie qu'il est prêt à fournir ;

– Un agent (d'une charge) détermine quels seront ses propres besoins d'énergie en tenant compte des contraintes de l'usager.

A partir de ces prédictions locales, un «plan de consommation d'énergie» est conjointement construit par les différents agents. Ce plan est ensuite, soit appliqué tel quel, soit modifié dynamiquement en cas de perturbations imprévues (par exemple : un pic de consommation). En domotique, le «confort de l'usager» est un aspect important à prendre en considération. Dans le système MAHAS, une notion de «préférences de l'usager» est représentée par une fonction de satisfaction associée à chaque agent, comparable à celle présentée dans [SIM 01]. Par exemple, un agent embarqué dans un radiateur électrique aura une fonction de satisfaction modilisant la plage de températures acceptable par l'usager.

3. Mécanismes du système MAHAS

Le mécanisme d'urgence et le mécanisme d'anticipation sont les deux principes fondamentaux du système MAHAS.

– ***Le mécanisme d'urgence :*** c'est le mécanisme qui permet de réagir aux événements non prévus et d'éviter l'interruption totale du service (l'équivalent de la disjonction comme le fait un disjoncteur électrique classique en cas de surcharge). Ce mécanisme réalise ce que l'on peut appeler un «délestage intelligent» puisque certains équipements peuvent être coupés temporairement. Toutefois, contrairement à un délesteur classique pour lequel les équipements non prioritaires sont définis a priori à l'installation, ici, les équipements négocient lesquels seront délestés.
Ce mécanisme est déclenché quand le niveau de satisfaction d'un agent tombe en dessous d'une certaine valeur.

– ***Le mécanisme d'anticipation :*** au mécanisme d'urgence est associé un mécanisme d'anticipation qui pré-calcule un «plan global de consommation de l'énergie» en fonction des prédictions de consommation des différentes charges et des prédictions de disponibilité des sources d'énergie. Le mécanisme d'anticipation s'appuie sur le fait qu'il y a d'une part, des équipements électriques capables d'emmagasiner de l'énergie sous forme thermique (un cumulus par exemple) et d'autre part, des équipements qui peuvent être décalé dans le temps (un lave-linge par exemple).

Le mécanisme d'anticipation ainsi que le mécanisme d'urgence reposent sur un protocole de négociation présenté ci-après. La différence essentielle est que le mécanisme d'anticipation fonctionne sur une période (*période d'anticipation*) plus longue que celle du mécanisme d'urgence (*période de scrutation*) et il travaille sur des valeurs d'énergie moyennes alors que le mécanisme d'urgence travaille sur des valeurs instantanées.

4. Protocole de négociation

Le protocole de négociation (figure 1) a été défini sur la base du Contract Net Protocol (CNP). Ce protocole se compose de trois phases : une phase de demande d'énergie,

une phase de proposition et une phase de decision finale. Les agents ont deux principaux objectifs :

– Pour les agents-sources : éviter le dépassement du seuil maximal d'énergie disponible, au delà duquel le service ne peut plus du tout être rendu ;

– Pour les agent-charges : conserver au mieux les plages de satisfaction de chaque équipement.

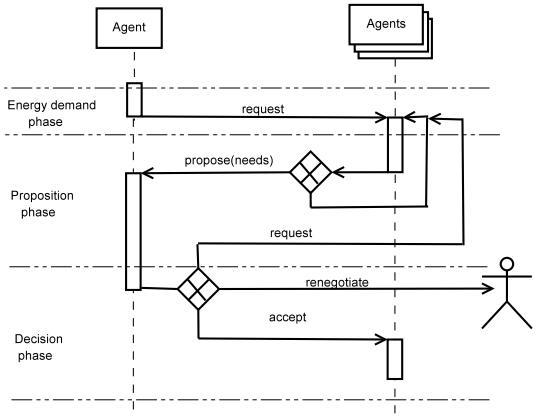

Figure 1. *Protocole de négociation entre agents.*

La négociation se construit en fonction de la satisfaction des charges (représentant les critères de confort de l'usager) et de la satisfaction de sources (représentant la production d'énergie idéale).

5. Conclusions et Perspectives

Le système MAHAS actuellement développé simule un habitat limité à quelques équipements de type «thermique-air» (des radiateurs électriques) et quelques sources de production d'énergie. Les premiers résultats valident l'approche multi-agents retenue. Ce simulateur sera ensuite testé sur une maquette d'un appartement à échelle réduite en cours de réalisation par les partenaires du projet «Intelligence répartie pour l'optimisation des flux énergétiques dans un habitat» (projet du «cluster Energie» de la région Rhône-Alpes).

6. Bibliographie

[SIM 01] SIMONIN O., « Le modèle satisfaction-altruisme : coopération et résolution de conflits entre agent situés réactifs, application à la robotique », PhD thesis, Université Montpellier II, 2001.